Environnement Canada
Environment Canada

Stratégie pour la surveillance de la présence et des effets des contaminants dans l'environnement aquatique

L. Désilets et R. Kwiatkowski

ÉTUDE N^{O} 172, SÉRIE SCIENTIFIQUE

DIRECTION GÉNÉRALE DES EAUX INTÉRIEURES
DIRECTION DE LA QUALITÉ DES EAUX
OTTAWA (ONTARIO) 1989

(Available in English on request)

92-01712/

Publié avec l'autorisation
du ministre de l'Environnement

© Ministre des Approvisionnements et Services Canada 1989

N° de cat. En 36-502/172F

ISBN 0-662-95755-5

Table des matières

	Page
RÉSUMÉ	v
ABSTRACT	v
INTRODUCTION	1
1. PRÉOCCUPATIONS SUR LA QUALITÉ DES EAUX AU CANADA	2
2. ACTIVITÉS DE LA DQE RELIÉES AUX PRÉOCCUPATIONS SUR LA QUALITÉ DES EAUX	3
3. STRATÉGIE POUR L'ÉVALUATION DE LA PRÉSENCE ET DES EFFETS DES CONTAMINANTS DANS L'ENVIRONNEMENT AQUATIQUE	5
3.1 Modèle conceptuel de l'environnement aquatique	7
3.2 Identification des préoccupations sur la qualité des eaux	9
3.3 Définition des buts, des fondements et des besoins en données	9
3.4 Examen de l'information disponible	12
3.5 Choix d'une méthode opérationnelle	12
3.6 Planification de l'échantillonnage	13
3.7 Mise en oeuvre et exploitation des stations	17
3.8 Gestion des données	17
3.9 Interprétation des données	18
3.10 Publication	21
3.11 Décision des gestionnaires	21
CONCLUSION	22
REMERCIEMENTS	23
RÉFÉRENCES	23

Tableaux

Tableau 1. Information sur la qualité ambiante de l'eau nécessaire pour évaluer neuf grandes préoccupations	10
Tableau 2. Outils disponibles pour l'évaluation de la qualité de l'environnement aquatique	15
Tableau 3. Analyse et interprétation des données sur la qualité des eaux en fonction des buts d'évaluation	19

Illustrations

		Page
Figure 1.	Organigramme décrivant les étapes de la stratégie proposée pour la surveillance de la présence et des effets des contaminants dans l'environnement aquatique.....	6
Figure 2.	Modèle du cheminement de l'énergie et de la matière dans l'écosystème aquatique.....	8
Figure 3.	Modifications du cycle saisonnier par des apports anthropiques	14
Figure 4.	Cycles temporels retrouvés dans le cycle du phosphore..	18

Résumé

Ce document décrit une stratégie de surveillance de la présence et des effets des contaminants dans le milieu aquatique. Les principales préoccupations relatives à la qualité des eaux au Canada sont reliées aux activités historiques et actuelles de la Direction de la qualité des eaux. Un cheminement est ensuite proposé pour faire l'évaluation de la présence et des effets des contaminants en fonction de la préoccupation relative à la qualité de l'eau. Cette méthode opérationnelle est structurée à partir d'un modèle conceptuel simplifié du milieu aquatique, ce qui apporte plus de cohérence dans les réseaux d'échantillonnage et les programmes de surveillance.

Abstract

This paper describes a strategy for monitoring exposure and effects of contaminants in the aquatic environment. Past and present activities of the Water Quality Branch in relation to major water quality issues in Canada are summarized. A framework is then suggested to develop exposure and effect assessments for the issue of contaminants in water. Based on a simple conceptual model of the aquatic environment, this operational framework improves consistency in network design and monitoring programs.

Stratégie pour la surveillance de la présence et des effets des contaminants dans l'environnement aquatique

L. Désilets et R. Kwiatkowski

INTRODUCTION

Depuis le début des années 1980, les audiences publiques ont montré que les Canadiens considèrent les contaminants dans l'eau comme la préoccupation environnementale la plus importante (Environnement Canada, 1983). De plus, l'Enquête sur la politique fédérale relative aux eaux (Pearse et coll., 1985) a consacré une bonne partie de son rapport aux contaminants toxiques dans l'eau. L'adoption récente de la Loi canadienne sur la protection de l'environnement (LCPE) (Gouvernement du Canada, 1988) confirme ce besoin de suivre et contrôler les contaminants durant tout leur cycle de vie. Cela devient nécessaire car la production commerciale atteint 100 000 substances chimiques dont 1000 composés nouveaux sont introduits à tous les ans, et 900 composés ont une production supérieure à une tonne par an. Dans la seule région des Grands Lacs, plus de 600 substances toxiques ont déjà été décelées dans l'eau (Environnement Canada, 1983b).

Même à de très petites concentrations, certaines substances contaminent l'environnement aquatique. Elles ont un effet sur les caractéristiques biologiques de l'eau et sur la santé humaine. De plus, ces substances sont souvent persistantes, tendent à se bioaccumuler tout au long de la chaîne trophique et peuvent interagir en produisant des effets synergiques.

Les audiences ont montré que l'intérêt pour les contaminants porte sur trois questions importantes : Quels sont les problèmes? À quels endroits les trouve-t-on? Quels sont les risques pour notre santé? Les gens s'attendent aussi à ce que les usages actuels de l'eau soient maintenus et même étendus dans l'avenir. Toutes ces préoccupations doivent être prises en considération par la Direction de la qualité des eaux (DQE) qui planifie l'évaluation de la qualité du milieu aquatique.

Le mandat de la DQE est de fournir des renseignements et des conseils scientifiques aux gestionnaires, aux organismes privés et au public et d'encourager une gestion avisée de la qualité des eaux intérieures du Canada (DQE, 1985a). Parmi les préoccupations sur la qualité des eaux

étudiées par la DQE, le contrôle des contaminants dans l'environnement occupe la priorité (Environnement Canada, 1985c; DQE, 1985a). La Loi canadienne sur la protection de l'environnement requiert aussi de l'information sur le cheminement et le devenir de plusieurs contaminants pour son application (Gouvernement du Canada, 1988). Le mandat de la DQE implique deux buts reliés aux études en cours : l'évaluation scientifique de la qualité de l'environnement aquatique, et la production d'informations utiles et pertinentes pour les gestionnaires en environnement et le public. La réponse sur l'évaluation de la qualité du milieu aquatique exprimée plus haut requiert des informations sur la présence des contaminants (concentrations, distribution et accumulation) et sur leurs effets (modification de la vie aquatique et des usages de l'eau, risques pour la santé).

Ce document présente une stratégie de surveillance de la présence et des effets des contaminants dans l'environnement aquatique. Il est divisé en trois sections : 1- préoccupations actuelles sur la qualité des eaux au Canada; 2- activités de la DQE en réponse à ces préoccupations; 3- stratégie proposée pour la mise en place d'une surveillance des contaminants dans l'environnement aquatique. Ces informations sont accompagnées d'un modèle conceptuel rudimentaire, d'un organigramme reliant les activités d'évaluation et de tableaux décrivant les méthodes disponibles pour l'échantillonnage et l'interprétation.

Les produits chimiques toxiques qui présentent un risque pour la vie humaine ou l'environnement aquatique sont souvent appelés des contaminants. De façon plus large, on appelle aussi contaminants toutes les substances qui, une fois introduites dans l'eau, ont un effet délétère sur l'environnement aquatique et détériorent certains usages de l'eau. C'est le sens strict qui sera attribué au mot contaminant dans ce rapport sauf s'il y a d'autres indications.

1. PRÉOCCUPATIONS SUR LA QUALITÉ DES EAUX AU CANADA

Le Groupe de travail sur les recommandations de la qualité des eaux du Conseil canadien des ministres des ressources et de l'environnement (CCMRE, 1985) et l'enquête sur la politique fédérale relative aux eaux (Pearse et coll., 1985) ont identifié neuf principales préoccupations sur la qualité des eaux au Canada:

1. Pollution des eaux utilisées à des fins récréatives

2. Contamination des prises d'eau potable

3. Influence des usages du sol sur la qualité des eaux

4. Influence des substances toxiques et d'autres contaminants sur l'environnement aquatique

5. Influence sur l'écosystème aquatique des projets de développements reliés aux eaux

6. Influence du TADPA (transport à distance des polluants atmosphériques) sur la qualité des eaux

7. Contamination chimique du poisson

8. Perceptions de la qualité de l'eau par le public

9. Conflits entre les usages de l'eau

Cette liste qui n'indique aucun ordre de priorité montre que les questions relatives à la qualité des eaux comprennent diverses préoccupations qui sont toutes reliées aux effets des contaminants sur l'environnement. La plupart de ces questions affectent, directement ou indirectement, la vie humaine ou aquatique ou les deux à la fois, et un bon nombre d'entre elles, découlent des conflits d'utilisation des ressources en eau.

2. ACTIVITÉS DE LA DQE RELIÉES AUX PRÉOCCUPATIONS SUR LA QUALITÉ DES EAUX

Pour la Direction de la qualité des eaux, les contaminants représentent le dernier sujet d'une série de préoccupations prioritaires. Durant les années 1950, la DQE faisait partie du ministère de l'Énergie, des Mines et des Ressources sous le nom de la Section des eaux industrielles, puis de la Division de la qualité des eaux. À cette époque, l'échantillonnage faisait l'évaluation du potentiel d'utilisation de l'eau pour divers types d'industries (Thomas, 1953).

Durant les années 1960, un programme national de la surveillance de la qualité des eaux a été mis en oeuvre pour évaluer la qualité naturelle (ions principaux, caractéristiques physiques) des eaux canadiennes dans le cadre de la Décennie hydrologique internationale. À la fin des années 1960, de nombreuses études ont été entreprises, surtout dans la région des Grands Lacs, pour comprendre et contrôler le problème de l'eutrophisation. Au début des années 1970, la DQE a été transférée au nouveau ministère de l'Environnement. Pendant ce temps l'émergence de préoccupations complexes sur la qualité des eaux, comme la contamination par le mercure et le DDT, ont amené le besoin d'études intégrées couvrant plusieurs milieux. Il s'en suivit des règlementations sur la concentration des contaminants dans les effluents et des propositions pour la mise en oeuvre d'un réseau de surveillance intégré (DQE, 1977). Dans les années 1970, de nouvelles préoccupations sur la qualité des eaux sont nées alors que l'amélioration des méthodes d'analyse rendait possible la détection des polluants dans l'eau. C'est ainsi qu'on se mit à étudier des substances toxiques telles que les métaux lourds et les composés organiques dans l'eau potable, de même que la contamination des eaux souterraines par les sites d'enfouissement (Egar, 1978).

Dans les années 1970, Environnement Canada fut temporairement jumelé avec le ministère des Pêches, ce qui conduisit au besoin de faire des études sur l'habitat du poisson et fit renaître le besoin d'études intégrées (Pêches et Environnement Canada, 1978). En 1978, une nouvelle politique sur les eaux intérieures orientait la DQE vers la surveillance des lacs et des cours d'eau transfrontaliers. En 1980, la DQE se voyait confier en plus le mandat de la surveillance des tendances à long terme des effets du transport à distance des polluants atmosphériques (TADPA) dans l'est du Canada.

Au début des années 1980, la DQE commença à développer l'usage d'indicateurs biométriques pour répondre au besoin d'information sur la bioaccumulation des métaux lourds et des composés organiques (Shindler, 1981; Clair et coll., 1980). Par la suite on développa une Stratégie d'évaluation de la qualité du milieu aquatique à titre de guide pour la planification d'évaluations environnementales conjointes alors que la DQE entamait la négociation d'une série d'ententes fédérales-provinciales sur la surveillance de la qualité des eaux (Haffner, 1986). Les substances toxiques et le TADPA demeurent les préoccupations prioritaires de la DQE (DQE, 1985a).

La révision du Répertoire des activités de la DQE en 1984-1985 (DQE, 1985b) a permis d'évaluer pour les besoins de ce rapport l'importance relative des ressources consacrées à différents types d'évaluations de la qualité des eaux. Ce répertoire décrit 53 activités dont la plupart (70 %) sont des réseaux de stations de base exploitées à long terme pour la mesure de tendances dans la qualité des eaux. Parmi ces réseaux on compte 11 % des activités et 16 % des stations exploitées dans le cadre des réseaux intégrés.

Parmi les évaluations de la qualité de l'eau répertoriées, ce sont les métaux lourds qui sont les composés les plus communément analysés (88 % des stations) suivis des nutriments et ions principaux (80 %), des paramètres physiques (57 %), des pesticides et composés organiques (27 %), des comptages bactériens (11 %) et des radionucléides (4 %).

Les statistiques énoncées plus haut montrent que les activités actuelles de la DQE sont orientées vers la mesure à long terme des concentrations des principaux ions, des nutriments et des métaux dans l'eau. Ces activités répondent à la majorité des préoccupations sur la qualité des eaux; cependant, selon le General Accounting Office (1981), elles n'apportent qu'une réponse partielle aux questions reliées à la présence et aux effets des contaminants toxiques, surtout les composés organiques. Les difficultés reliées à la mise en oeuvre d'une surveillance de la présence et des effets reliés à ces substances sont dues à :

. l'absence de méthode globale ou reconnue pour la surveillance des contaminants dans le milieu aquatique;

. l'absence à la DGEI de techniques normalisées de biomonitorage à l'échelle du Canada;

. des techniques actuelles de mesure des effets des contaminants conçues pour l'évaluation de la toxicité d'effluents et perçues comme peu sensibles aux conditions du milieu ambiant;

. un échantillonnage intégré des contaminants organiques coûteux en temps et en argent et dont les résultats sont souvent contradictoires dans les divers milieux;

. l'absence de mesures dans les sédiments ou le biote, parce que l'on croit à tort que le respect des recommandations et des objectifs de qualité de l'eau assure la protection du milieu.

La mise en oeuvre d'un plan de surveillance intégré sur la présence et les effets des contaminants dans le milieu aquatique permettrait de résoudre plusieurs difficultés présentées plus haut et améliorerait ainsi les activités de la DQE en :

. procurant une méthode commune pour évaluer la présence et les effets des contaminants à l'échelle tant locale que nationale;

. aidant à déterminer les lieux et les milieux où les organismes aquatiques sont affectés par les contaminants;

. procurant les outils nécessaires à la conception de réseaux intrégrés pour évaluer les préoccupations associées aux contaminants à l'échelle locale, régionale ou nationale;

. aidant à choisir l'activité qui répond le mieux à une préoccupation donnée sur la qualité des eaux et qui est reliée aux activités en place, comme les objectifs de qualité de l'eau ou la recherche;

. développant une plus grande compétence environnementale dans chaque région.

3. STRATÉGIE POUR L'ÉVALUATION DE LA PRÉSENCE ET DES EFFETS DES CONTAMINANTS DANS L'ENVIRONNEMENT AQUATIQUE

Les étapes de la stratégie proposée sont décrites ci-dessous et résumées à la figure 1.

Dans la plupart des activités de surveillance de la qualité de l'environnement aquatique, on ne définit pas la qualité de l'eau et on ne se réfère à aucun modèle conceptuel de l'environnement aquatique, même si on considère implicitement que ce modèle existe. Dans cette section, la qualité de l'eau est l'état de l'environnement aquatique, comprenant ses composantes biotiques et abiotiques, telles qu'évaluées par la mesure de la présence et des concentrations des contaminants dans divers milieux comme l'eau, les sédiments et le biote, par la mesure des effets de ces contaminants sur les organismes aquatiques, et par l'évaluation du potentiel résultant pour divers usages de l'eau.

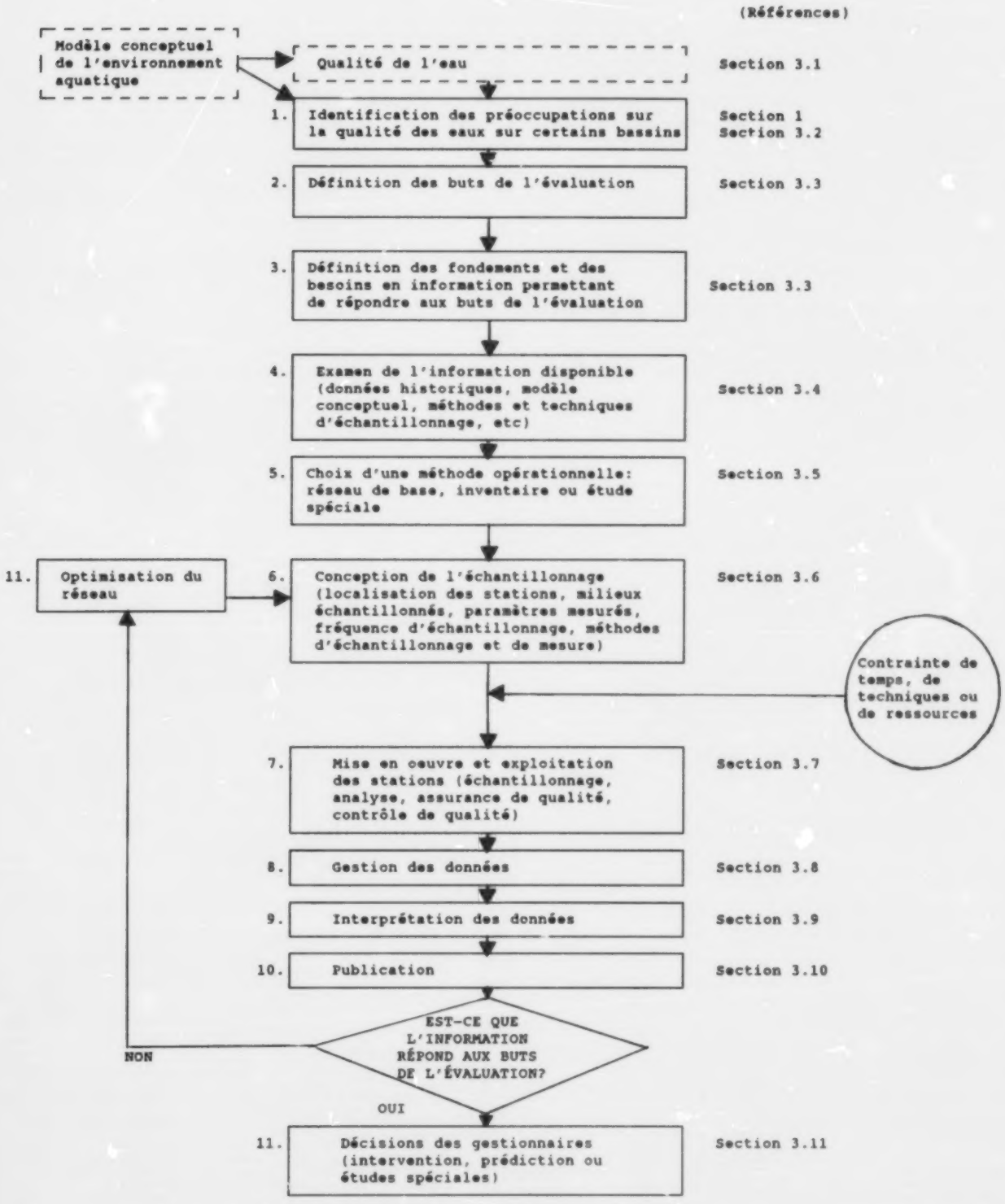

Figure 1. Organigramme décrivant les étapes de la stratégie proposée pour la surveillance de la présence et des effets des contaminants dans l'environnement aquatique (modifié d'après Ward, 1978).

3.1 Modèle conceptuel de l'environnement aquatique

Il est préférable de disposer d'un modèle conceptuel de base pour pouvoir efficacement mener à bien des activités de surveillance. Un modèle conceptuel donne plus de rigueur à la conception d'un réseau et constitue un outil pour tenir des discussions formelles entre les organismes impliqués dans la surveillance.

Le cheminement et le devenir des contaminants se décrivent et se prédisent généralement bien si on suppose que les contaminants rejetés dans l'écosystème aquatique vont suivre un cycle similaire à ceux de l'énergie et de la matière. La figure 2 montre un modèle conceptuel simple de ce cycle dans l'environnement aquatique, que ce soit un lac ou un segment de rivière. Le modèle a été d'abord développé par Likens et Bormann (1974) et adapté par O'Sullivan (1979). Dans ce modèle, les entrées sont les sources anthropogènes ponctuelles ou diffuses, tandis que les sédiments constituent le lieu de déposition final. Le système aquatique est divisé en trois groupes : eau, sédiments et biote. Chaque groupe se comporte aussi comme un système. Par exemple, l'eau peut être divisée selon les formes dissoute, particulaire ou organique; les sédiments peuvent être répartis selon les fractions argileuse, sableuse, limoneuse, etc., et le biote peut être divisé en organismes autotrophes, herbivores, prédateurs et décomposeurs. Les trois groupes sont reliés selon les réseaux trophiques des cycles biogéochimiques.

Le modèle de O'Sullivan (1979) peut être utilisé comme point de départ pour le développement d'un réseau intégré de surveillance parce qu'il permet de décrire simplement les sources de contaminants qui entrent dans l'écosystème aquatique, leur cheminement et leur devenir. Le modèle peut facilement être adapté à une approche par bassin versant en utilisant le cycle hydrologique. Comme la plupart des préoccupations sur la qualité de l'eau proviennent de conflits d'usages de cette eau, il faut utiliser le bassin versant de rivière comme zone de référence pour la mesure des contaminants parce qu'il procure le cadre nécessaire à l'étude des conflits d'usages de l'eau. Le modèle peut aussi être développé pour estimer le temps de rétention potentiel des contaminants dans le bassin.

Le modèle de O'Sullivan (1979) est limité en ce qu'il nécessite, pour un contaminant donné, une grande quantité d'information pour devenir opérationnel. D'autre part si le modèle aide à comprendre le cheminement et le devenir des contaminants et s'il procure ainsi un fondement pour l'élaboration d'une stratégie de surveillance, il donne peu d'indication sur la façon d'évaluer leurs effets sur le biote. Cela ne peut se faire que par le développement d'un modèle écotoxicologique. Il n'existe aucun modèle fondamental satisfaisant dans les documents de recherche, bien qu'on trouve certaines ébauches dans les travaux de Hakanson (1984), et Blaise et coll. (1984). Trois types d'effets toxicologiques sur les organismes aquatiques ont été identifiés : le stress (changement de comportement ou physiologique), la génotoxicité (cancer, modification des capacités de reproduction, difformités durant la croissance), et la toxicité léthale aiguë. Une fois que les indices de la présence et des effets des contaminants sont reliés entre eux par un modèle conceptuel, on peut procéder à la planification de la surveillance.

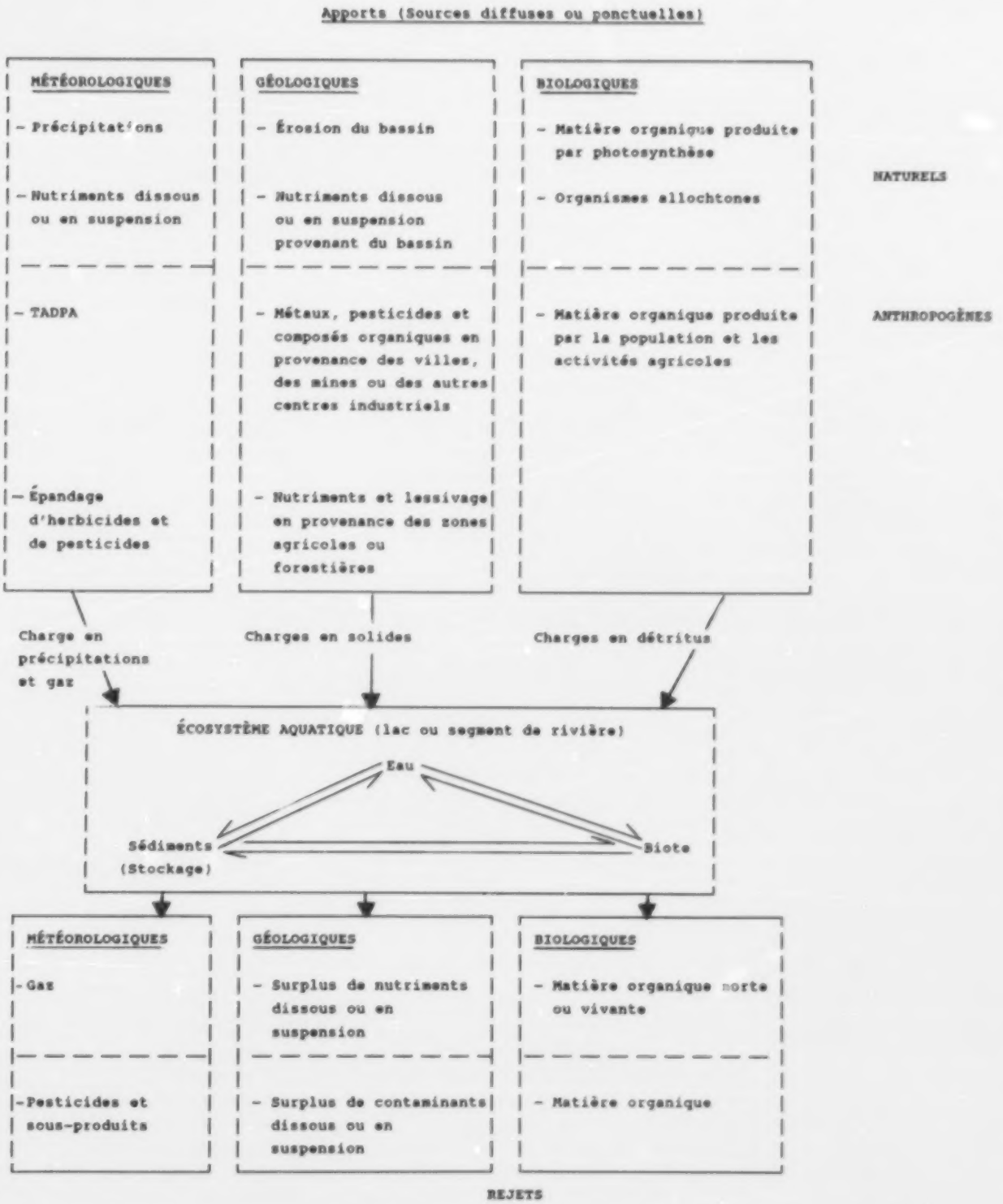

Figure 2. Modèle du cheminement de l'énergie et de la matière (nutriments, minéraux, composés organiques) dans l'écosystème aquatique (modifié d'après O'Sullivan, 1979).

3.2 Identification des préoccupations sur la qualité des eaux

L'identification des préoccupations sur la qualité des eaux est la première étape d'une évaluation de la qualité de l'environnement aquatique (figure 1). Une préoccupation est définie comme un problème environnemental né d'une modification d'un usage donné de l'eau. La section 1 donne la liste des grandes préoccupations sur la qualité des eaux au Canada, identifiées par le Conseil canadien des ministres des ressources et de l'environnement (CCMRE) et l'enquête Pearse sur la politique relative aux eaux. Les critères de sélection de bassins versants de rivière (selon la superficie du bassin étudié) en fonction de diverses préoccupations sur la qualité des eaux sont décrits dans Désilets (1988).

3.3 Définition des buts, des fondements et des besoins en données

La définition des buts du projet constitue l'étape n° 2 de la figure 1. Les buts d'une évaluation de la qualité de l'eau sont foncièrement ce qu'on cherche à savoir pour évaluer une préoccupation. Par exemple, pour évaluer la préoccupation n° 4 du tableau 1 (Influence des substances toxiques et d'autres contaminants sur l'environnement aquatique), les buts suivants pourraient être fixés : 1) estimer le degré d'exposition des organismes aquatiques à certains contaminants, 2) estimer l'état résultant de (ou les effets sur) l'environnement.

La définition des fondements et des besoins constitue l'étape n° 3 de la figure 1. Les fondements d'une évaluation de la qualité de l'eau sont des énoncés de ce qui doit être mesuré, et selon quelle méthodologie, afin d'atteindre les buts fixés, tandis que les besoins en activités de surveillance sont l'aspect sur lequel elles doivent être axées : une surveillance de la présence ou une surveillance des effets. Dans l'exemple cité plus haut, le degré d'exposition d'organismes aquatiques peut être évalué en mesurant les concentrations d'un contaminant donné dans divers milieux pour en reconstituer le cheminement, le devenir et la biodisponibilité. On pourra ensuite évaluer l'état de santé des organismes aquatiques (ou les effets des contaminants) en mesurant la structure et les fonctions des divers organismes de l'écosystème aquatique (voir tableau 2). Lorsque des études préalables sont disponibles, il devient possible de quantifier l'importance, la durée (ex. changement de 10 % en 10 ans dans les données) et la précision des changements mesurés, en se basant sur les tests statistiques de traitement des données (section 3.9). L'évaluation complète de l'environnement aquatique est une tâche complexe et dispendieuse. C'est pourquoi on travaille plutôt à partir d'indicateurs de structures et de fonctions (section 3.6) ce qui réduit grandement les coûts.

Le tableau 1 fait le lien entre les buts, les fondements et les besoins en évaluations pour chacune des préoccupations sur la qualité des eaux identifiées par le CCMRE et l'enquête Pearse.

Tableau 1. Information sur la qualité ambiante de l'eau nécessaire pour évaluer neuf grandes préoccupations (d'après le Groupe de travail du CCMRE)

Préoccupation	Buts	Fondements	Besoins d'information
1. Pollution des eaux utilisées à des fins récréatives	- Évaluation de la contamination bactériologique	- Identification et abondance d'espèces indicatrices de bactéries; comparaison avec recommandations	Présence
	- Évaluation du niveau d'eutrophisation (fleurs d'eau)	- Mesure des concentrations de nutriments dans l'eau; identification et abondance d'espèces indicatrices de phytoplancton et de macrophytes; mesure de la productivité (biomasse, chlorophylle a); bioessais sur le potentiel de croissance des algues.	Les deux
	- Évaluation de l'état esthétique	- Mesure des caractéristiques physiques de l'eau; relevé des invasions de fleurs d'eau	Effets
	- Évaluation des effets de substances toxiques par contact	- Analyses de familles de composés organiques dans l'eau; comparaison avec recommandations; études épidémiologiques	Les deux
2. Contamination des prises d'eau potable	- Évaluation des charges de sédiments en suspension et du colmatage des prises d'eau	- Mesure des caractéristiques physiques, des débits de solides en suspension et des concentrations de matière organique dans l'eau	Présence
	- Évaluation du niveau d'eutrophisation	- Mesure des concentrations de nutriments et de chlorophylle a dans l'eau; comparaison avec recommandations; bioessais sur le potentiel de croissance des algues; identification et abondance d'espèces d'algues indicatrices	Les deux
	- Évaluation de la contamination bactérienne	- Identification et abondance d'espèces bactériennes indicatrices; comparaison avec les recommandations	Présence
	- Évaluation de la contamination par les substances toxiques	- Mesure des concentrations de métaux et de composés organiques dans l'eau et les sédiments; comparaison avec recommandations; concentration en substances toxiques des espèces aquatiques locales (ex. ménés) bioessais portant sur le stress physiologique ou l'inhibition de la croissance.	Les deux
3. Influence des usages du sol sur la qualité des eaux	Selon les usages du sol:		
	- Évaluation de l'érosion du sol (agriculture, foresterie)	- Mesure des débits de solides en suspension dans l'eau, des caractéristiques physiques et des principaux ions	Présence
	- Évaluation des apports en nutriments (agriculture, égouts urbains)	- Mesure des concentrations en nutriments et en matière organique dans l'eau et les sédiments en suspension	Présence
	- Évaluation des apports en substances toxiques (industries, mines, agriculture, égouts urbains, foresterie)	- Mesure des substances toxiques dans l'eau, les sédiments et les organismes aquatiques	Présence
	- Évaluation des effets des apports (de toutes sortes)	- Mesure de l'abondance et de la productivité d'espèces indicatrices; bioessais indicateurs de stress ou de désordres physiologiques; index saprobiotique	Effets

Tableau 1 (suite)

Préoccupation	Buts	Fondements	Besoins d'information
4. Influence des substances toxiques et des autres contaminants sur l'environnement aquatique	- Évaluation du degré d'exposition des organismes aquatiques	- Mesure des concentrations des métaux et des composés organiques (toutes les grandes familles) dans l'eau, les sédiments et le biote; bioessais sur la bioaccumulation (terrain ou laboratoire); comparaison avec recommandations	Présence
	- Évaluation de l'état des communautés aquatiques	- Bioessais sur la létalité, la sous-létalité (inhibition du métabolisme, de la croissance ou de la reproduction) ou la génotoxicité; présence, abondance et productivité d'espèces indigènes indicatrices (comparaison amont-aval de la source)	Effets
5. Influence sur l'écosystème aquatique des projets de développement reliés aux eaux	- Évaluation des changements historiques dans la qualité de l'eau (et des facteurs limitants)	- Examen des données historiques pour la mesure de changements dans les caractéristiques physiques, les nutriments, les principaux ions et les métaux dans l'eau; mesure des charges en sédiments	Présence
	- Évaluation des changements spatiaux dans la qualité de l'eau (et des facteurs limitants)	- Mesure des paramètres précédents de qualité de l'eau et des débits en sédiments en amont et en aval du projet	Présence
	- Évaluation des changements historiques dans l'état des communautés aquatiques	- Examen des données historiques pour voir s'il n'y a pas eu de changement dans les indices de structure ou de fonction des communautés aquatiques	Effets
	- Évaluation des changements spatiaux dans l'état des communautés aquatiques.	- Mesure et comparaison des indices de structure et de fonction en amont et en aval des communautés aquatiques indigènes, ou par le biais de bioessais.	Effets
6. Influence du TADPA sur la qualité de l'eau; précipitations acides	- Évaluation historique des apports et des charges atmosphériques	- Mesure des concentrations des principaux ions, des métaux et des composés organiques dans les précipitations, l'eau, les sédiments et le biote; comparaison avec les données historiques	Présence
	- Évaluation de la distribution des apports et des charges atmosphériques	- Mesure des concentrations en ions principaux, métaux et composés organiques dans les précipitations, l'eau et les sédiments	Présence
	- Évaluation des effets historiques des précipitations acides	- Examen et comparaison des données historiques sur la structure et la fonction de certaines communautés, ou utilisation de bioessais sublétaux à long terme	Effets
	- Évaluation de la distribution des effets des précipitations acides	- Mesure d'indices de structure et de fonction d'espèces indicatrices des communautés affectées	Effets
7. Contamination chimique du poisson	- Évaluation du degré d'exposition du poisson	- Mesure des concentrations en métaux et composés organiques (incluant toutes les familles de composés) dans la chair, certains organes et dans l'ensemble du poisson (poissons prédateurs, détritivores	Présence

Tableau 1 (suite)

Préoccupation	Buts	Fondements	Besoins d'information
		et juvéniles); comparaison avec les recommandations; usage de bioessais sur la bioaccumulation.	
	- Évaluation des désordres physiologiques dans le poisson	- Mesure d'indices de difformités, de stress, d'inhibition de la croissance ou de la reproduction à l'aide de spécimens capturés ou de bioessais	Effets
	- Évaluation de l'état des communautés de poissons	- Mesure de paramètres de structure et de fonction dans des communautés d'espèces indicatrices	Effets
8. Perception de la qualité des eaux par le public	S/O		
9. Conflits d'usages de l'eau	S/O		

Note: Dans ce tableau le terme "contaminants" est utilisé dans son sens large.

3.4 Examen de l'information disponible

L'examen de l'information disponible correspond à l'étape n° 4 de la figure 1. Cette activité permet d'éviter la répétition d'études du même type; elle procure de l'information sur les paramètres pertinents à mesurer et les techniques d'échantillonnage appropriées; elle facilite l'interprétation des résultats et la recherche de relations de cause à effet entre la qualité de l'environnement aquatique et des facteurs de changements naturels ou anthropogènes (géologie, hydrologie, végétation, industries, municipalités, usages du sol). Un examen des critères d'évaluation de l'importance de divers facteurs de changements dans la qualité des eaux est présenté par Désilets (1988).

3.5 Choix d'une méthode opérationnelle

Il existe trois méthodes opérationnelles qui peuvent être utilisées pour la mise en oeuvre d'une évaluation de la qualité de l'environnement aquatique, selon les besoins en information et les fondements associés; ce sont : le réseau de stations permanentes, les relevés et les études spéciales. Un réseau de stations permanentes est composé de stations fixes échantillonnées de façon routinière à long terme pour mesurer les tendances temporelles ou le dépassement d'objectifs de qualité de l'eau. Les relevés sont des projets d'échantillonnage à court terme (habituellement moins de deux ans) axés sur l'évaluation d'une préoccupation sur la qualité de l'eau en termes de tendances spatiales, d'établissement de relations de cause à

effet ou de développement d'objectifs de qualité de l'eau. Des relevés peuvent être répétés de façon récurrente. Les études spéciales sont menées sur de courtes périodes (souvent moins d'un an), souvent de façon intensive; elles répondent à des objectifs fort précis, comme la mesure de la variabilité dans des systèmes peu connus (échantillonnage préalable), l'évaluation de la représentativité d'une station d'échantillonnage (études par transects), ou l'évaluation du rendement d'une nouvelle méthode d'échantillonnage. Ces trois méthodes sont décrites par Haffner (1986) et Désilets (1988).

On fait le choix d'une méthode opérationnelle donnée ou d'une combinaison des trois décrites plus haut dans l'activité n° 5 de la figure 1. Ce choix est dicté par les fondements de l'évaluation et l'information disponible. Chaque méthode opérationnelle correspond à un domaine statistique de surveillance de la qualité de l'eau : le réseau de base mesure les tendances temporelles, les relevés mesurent les tendances spatiales et les études spéciales mesurent la représentativité d'un échantillon. Ce choix détermine aussi la base nécessaire à la conception de l'échantillonnage.

3.6 Planification de l'échantillonnage

La planification de l'échantillonnage correspond à l'activité n° 6 de la figure 1. Elle débute avec la macrolocalisation des stations d'échantillonnage, qui sera suivie plus tard de leur microlocalisation (Désilets, 1988). Comme les analyses des contaminants sont coûteuses, certains auteurs ont proposé diverses méthodes pour déterminer le milieu à échantillonner le plus approprié, pour chaque contaminant. Chapman et coll. (1982) par exemple ont choisi les milieux (eau, sédiments, biote) à échantillonner pour mesurer chacun des 127 polluants prioritaires de l'EPA, en se basant sur leurs propriétés physiques (volatilité) et chimiques (persistance). Pour 44 des polluants, le milieu d'échantillonnage proposé était l'eau, alors que les sédiments et le biote étaient les milieux retenus pour 86 et 64 polluants, respectivement.

Les milieux à échantillonner, les méthodes d'échantillonnage et les paramètres à mesurer sont classés dans le tableau 2. Le but de ce tableau n'est pas de faire l'examen exhaustif des méthodes d'échantillonnage et de mesure pour l'évaluation de la présence et des effets des contaminants, mais plutôt de servir de guide pour leur choix et leur usage. Plusieurs recueils de méthodes d'échantillonnage et de mesure de l'environnement aquatique ont déjà été publiés comme par exemple : Hellawell (1978), Lind (1979), Dodge et coll. (1981), Environmental Protection Agency (1982), Direction de la qualité des eaux (1983), APHA et coll. (1985), Environnement Canada (1981).

L'examen des méthodes d'échantillonnage décrites dans les documents cités plus haut montre que la plupart de ces dernières s'appliquent à un petit secteur ou à de petits bassins. Trop de facteurs incontrôlables (climat et autres facteurs physiques, cycles naturels, variété des usages de l'eau et du sol) rendent difficile la détection des effets des activités anthropiques (figure 3). Les tendances à long terme sont difficiles à

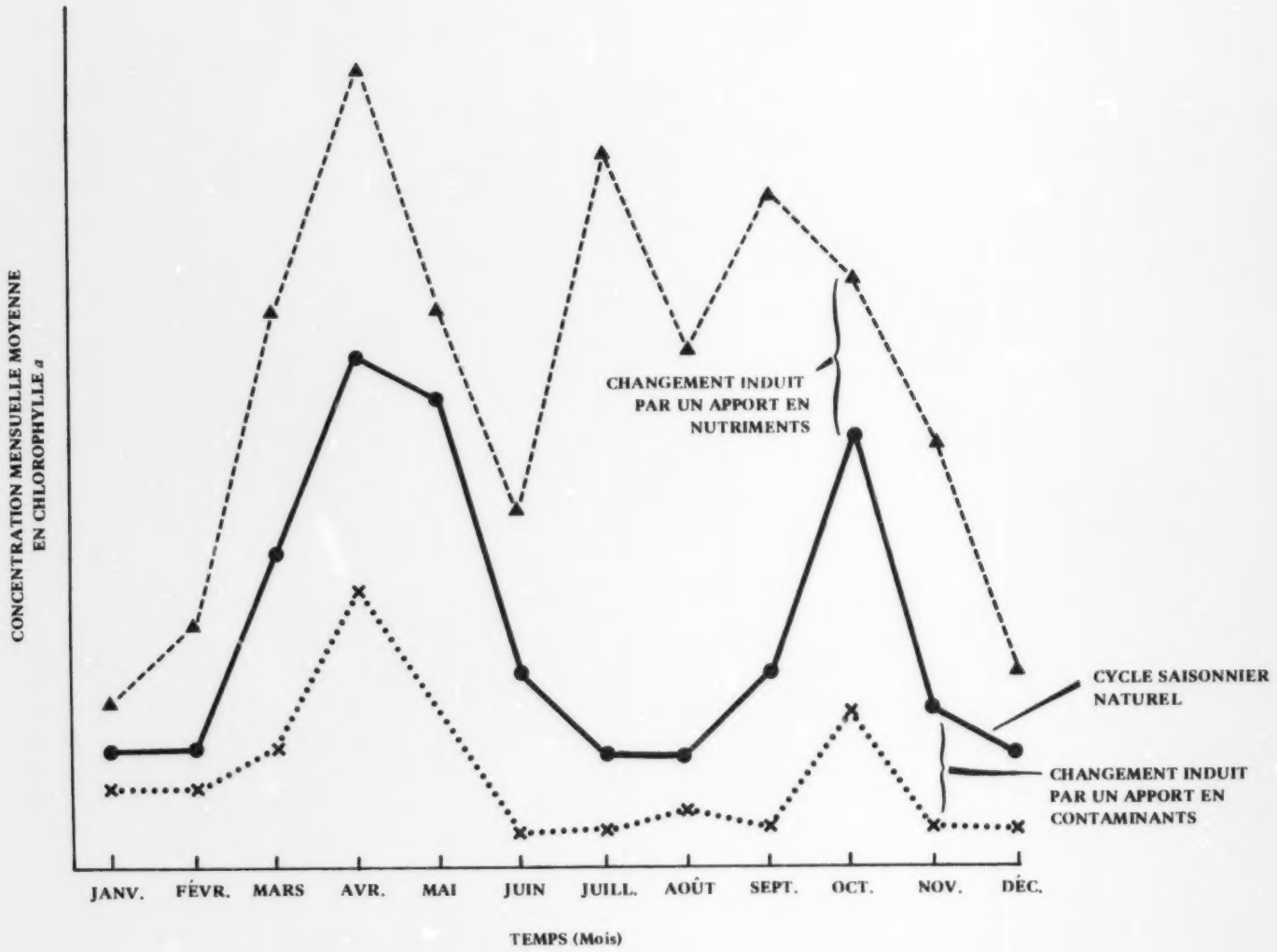

Figure 3. Modification du cycle saisonnier par des apports anthropiques.

Tableau 2. Outils disponibles pour l'évaluation de la qualité de l'environnement aquatique

Milieu échantillonné	Groupe	Type d'échantillon	Mesures		
			Indices de présence de contaminants	Indices d'effets	
				Indices de structure	Indices de fonctions
Eau	Eau	Ponctuel, ou intégré dans le temps ou l'espace (ex. bouteilles, pompes)	Analyse d'ensembles de composés normalisés (principaux ions, nutriments, métaux, composés organiques) ou familles (composés organiques) ou radionucléides	S/O	S/O
Eau	Bactéries	Ponctuel en surface	Mesure des facteurs limitants (lumière, température, oxygène, nutriments, substances toxiques, pH)	Comptages bactériens d'espèces indicatrices (ex. coliformes)	Bioessais sur les taux de létalité, inhibition métabolique ou de croissance (ex. bioluminescence), génotoxicité ou biodégradation
Eau	Phytoplancton	Ponctuel, ou intégré en surface ou en profondeur (ex. bouteilles, pompes)	Mesure des facteurs limitants (lumière, température, oxygène, nutriments, substances toxiques); bioessais ou données de terrain sur la bioaccumulation.	Identification des espèces pour présence, ou absence, dominance, diversité	Bioessais pour mesurer la productivité ou le taux de croissance (ex. Selenastrum capricornutum
Sédiments	Sédiments en suspension	Ponctuel, ou intégré dans le temps ou l'espace (ex. trappes, pompes, centrifugeuse)	Analyse d'ensembles de composés normalisés (nutriments, métaux, composés organiques) ou familles (composés organiques) ou radionucléides	S/O	S/O
Sédiments	Bactéries	De surface	Mesure des facteurs limitants (lumière, oxygène, nutriments, substances toxiques)	Identification d'espèces indicatrices, densité de population	Bioessais sur les taux de croissance et de mutagénicité (ex. Microtox)
Sédiments	Sédiments de fond	De surface ou en vrac, ponctuel ou intégré (ex. bennes)	Granulométrie, contenu en matière organique, potentiel d'oxydoréduction, ensembles de paramètres normalisés (nutriments, métaux composés organiques) ou familles (composés organiques) ou radionucléides, à partir de sédiments ou d'élutriats	S/O	S/O
Biote	Macrophytes	Fraction d'organisme, entier, ou échantillon intégré	Mesure des facteurs limitants; analyse de composés normalisés (métaux, composés organiques) dans des espèces indicatrices indigènes ou des espèces dans des enclos (ex. plantes à feuilles larges, mousses)	Identification des espèces pour présence ou absence, dominance, diversité	Biomasse (récolte sur pied); bioessai sur le potentiel de croissance des algues

Tableau 2 (suite)

Milieu échantillonné	Groupe	Type d'échantillon	Mesures		
			Indices de présence de contaminants	Indices d'effets	
				Indices de structure	Indices de fonctions
Biote	Zooplancton	Ponctuel, ou intégré en surface ou en profondeur (ex. filet conique, pompe)	Analyse d'ensembles normalisés de métaux ou de composés organiques pour mesurer la bioaccumulation; mesure des facteurs limitants: lumière, profondeur, O_2, température, pH, substances toxiques dans l'eau, chlorophylle a	Identification des espèces pour présence ou absence, dominance, diversité	Mesure de la létalité ou des taux de croissance à l'aide de bioessais (ex. Daphnia pulex); biomasse/m^3; densité de population
Biote	Organismes benthiques (incluant le périphyton)	Ponctuel, ou substrat artificiel; transects	Mesure des facteurs limitants; analyse d'ensembles normalisés de métaux et de composés organiques dans des espèces indigènes ou des espèces dans des enclos (ex. huîtres)	Identification des espèces pour présence ou absence, dominance, diversité	Mesure de la létalité ou des taux de croissance à l'aide de bioessais (ex. Rotifères); biomasse/m^3; densité de population; taux de difformatés (ex. chironomidés)
Biote	Poissons adultes: prédateurs (ex. brochet) ou poissons de fond (ex. catostomes)	Pêche expérimentale pour une ou plusieurs tailles (ex. filet maillant, pêche électrique)	Analyse des filets (consommation) ou du poisson entier (bioindicateur) ou de certains organes (bioaccumulation) pour des ensembles normalisés de métaux, de composés organiques ou de radionucléides, en considérant les déplacements des individus	Identification des espèces pour présence ou absence, dominance, diversité; mesure du poids, de la longueur selon la classe ou l'âge pour certaines espèces; relations entre espèces	Succès de pêche, estimation de population par capture ou recapture; facteur de condition physiologique, taux de difformités ou de maladies (ex. tumeurs); analyse du contenu stomacal (analyse, poids); bioessais sous-létaux sur des perturbations de comportement ou physiologiques
Biote	Poissons juvéniles (ex. ménés)	Pêche de certaines espèces; échantillon intégré d'individus entiers (ex. seines, trappes)	Mesure des facteurs limitants; analyse d'ensembles normalisés de métaux ou de composés organiques, ou de familles de composés organiques	Identification des espèces pour présence ou absence, dominance, diversité; mesure du poids, de la longueur selon la classe; relations entre espèces et avec milieu abiotique	Abondance absolue ou relative, biomasse, coefficient de condition physiologique, taux de difformités; taux de recrutement; bioessais sous-létaux sur des perturbations de comportement ou physiologiques

identifier pour les mêmes raisons. La normalisation de plusieurs techniques de bioessais en laboratoire ou sur le terrain offre alors un choix intéressant parce que ces techniques permettent de réduire de beaucoup le nombre de facteurs mentionnés plus haut. Plusieurs techniques de bioessais d'abord développées pour la surveillance d'effluents ont été adoptées avec succès pour l'étude des conditions ambiantes de l'environnement aquatique. Un examen des méthodes normalisées de bioessais qui peuvent être utilisées par le ministère de l'Environnement a été

récemment réalisé par le comité des gestionnaires des laboratoires (Sergy, 1987).

Le dernier point à préciser dans la conception du réseau est la fréquence d'échantillonnage. Cette fréquence est déterminée par les objectifs de l'échantillonnage (ex. mesurer la tendance d'une période de 10 ans), la précision attendue de l'évaluation (ex. un intervalle de confiance de 10 %) et la variabilité du système étudié. La variabilité de l'écosystème aquatique est influencée par trois facteurs. Un des objectifs du plan d'échantillonnage doit isoler un des trois facteurs de variation. Ces facteurs sont la variabilité spatiale (influence de la composition du fond sur la distribution des organismes benthiques), la variabilité temporelle (cycles temporels de variation des concentrations du phosphore induits par des facteurs d'ordre physique, chimique ou biologique, voir figure 4), et la variabilité induite globale par des facteurs d'ordre naturel, par rapport à celle induite par des facteurs d'ordre humain (figure 3). Les fréquences d'échantillonnage peuvent être calculées à partir de données historiques (section 3.4) ou à partir d'une étude d'essai préliminaire (section 3.5). Il faut souligner cependant que dans la plupart des études de la qualité de l'eau, on a omis ou sous-utilisé ces deux sources d'information durant la planification. Il en résulte souvent une collecte de données disparates et trop variables, ce qui se traduit par une information pauvre qui ne répond pas aux objectifs de l'évaluation (figure 1).

3.7 Mise en oeuvre et exploitation des stations

La mise en oeuvre des stations constitue l'étape n° 7 de la figure 1. L'aspect le plus important de cette activité est l'assurance de la qualité et le contrôle de la qualité (AQ/CQ). Les méthodes d'AQ/CQ doivent être intégrées aux protocoles de terrain, de laboratoire et de gestion de données si on désire obtenir des données fiables et compatibles. Des guides d'assurance de la qualité sur le terrain (Gaskin et Watt, 1987) et en laboratoire (Agemian, 1987) ont été développés par la DQE.

3.8 Gestion des données

La gestion des données est l'étape n° 8. Cette activité implique deux grandes opérations : l'interprétation des données et leur archivage. Pour l'interprétation des données, ces dernières doivent être faciles à extraire de la base, selon un format pertinent pour des analyses statistiques. Pour l'archivage des données, les ensembles de données doivent être décrits de façon détaillée, incluant le titre du projet, le nom du chargé de projet et de son agence, les buts et les publications finales du projet. Un archivage complet va permettre d'utiliser les données dans des analyses de séries chronologiques ou à titre d'information de base pour d'autres scientifiques dans l'avenir. L'archivage et l'extraction de données de la base NAQUADAT sont décrits dans Whitlow et Lamb (1983) et DQE (1983). Comme cette base n'était pas destinée à l'archivage de données biologiques, une base de données biologiques a été conçue par un bureau régional (Howell et coll., 1985).

3.9 Interprétation des données

L'interprétation des données de l'étape n° 9 est cruciale dans l'évaluation de la qualité de l'environnement aquatique. Elle doit fournir l'information nécessaire pour répondre aux hypothèses ou aux questions énoncées dans les buts à l'étape n° 2. La qualité de l'interprétation est fonction de la fréquence d'échantillonnage, du nombre d'échantillons et de la conception du réseau en général, autrement dit, de la variabilité des données. La méthode utilisée pour l'interprétation des données va varier selon que l'évaluation est axée sur la présence des contaminants ou sur leurs effets. Le tableau 3 donne une liste des outils disponibles pour l'analyse et l'interprétation des données en réponse aux buts de l'évaluation.

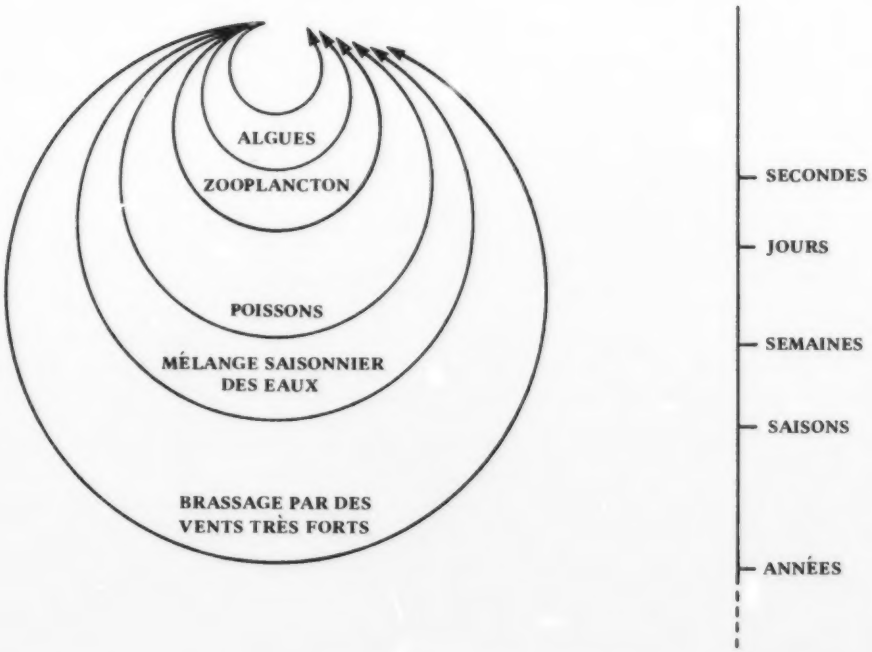

Figure 4. Cycles temporels retrouvés dans le cycle du phosphore.

Tableau 3. Analyse et interprétation des données sur la qualité des eaux en fonction des buts d'évaluation

Buts courants des évaluations	Informations requises	Techniques appropriées d'analyse de données
a) Information de base ou mesure de la variabilité du système étudié	- Présence et concentrations de divers contaminants dans divers milieux	- Calcul de la médiane, minimum et maximum; interprétation pour les familles de composés chimiques présents
	- Concentrations des principaux ions, des nutriments;	- Calcul de la médiane, du minimum et du maximum
	- Modèles annuels et saisonniers des concentrations	- Courbe des données en fonction du mois, ANOVA entre saisons; corrélation avec variables hydrologiques ou climatiques
	- Représentativité des stations	- Variation spatiale locale (verticale, latérale) pour chaque station
b) Distribution spatiale des contaminants; tendances spatiales	- Cartographie des concentrations de contaminants	- Localisation des stations avec classes de valeurs
	- Identification de zones homogènes	- Analyse de groupements
	- Identification des gradients spatiaux	- ANOVA entre stations; contrastes; corrélation des concentrations avec distance vers l'aval (rivières) ou orientations (lacs) à partir de sources locales ou diffuses
c) Mesure de tendances à long terme	- Identification de tendances dans des données historiques	- Tests non paramétriques de Mann-Whitney, Lettenmaier, Kendall selon le type de données; régression avec le temps, analyse des résidus, autocorrélation
d) Identification de problèmes réels ou potentiels de qualité de l'eau	- Inventaire des problèmes potentiels	- Évaluation de l'importance (débit, charges) des sources de contaminants ponctuelles ou diffuses
	- Évaluation des dangers environnementaux	- Comparaison des concentrations mesurées aux recommandations, aux objectifs ou aux normes; analyse des dépassements, de leur importance et leur fréquence
	- Évaluation des effets des contaminants sur les organismes aquatiques	- Présence ou absence d'espèces indicatrices, état de la structure (diversité, dominance, etc.) et des fonctions (productivité, etc.) du système étudié; comparaison avec des sites non affectés et avec des données écotoxicologiques
e) Développement de recommandations et d'objectifs de qualité de l'eau	- Inventaire des usages de l'eau, par bassin	- Examen historique des études sur l'économie et les usages du sol pour évaluer leur importance (production, superficies utilisées)

Tableau 3 (suite)

Buts courants des évaluations	Informations requises	Techniques appropriées d'analyse de données
	- Évaluation de la qualité de l'eau	- Examen historique des données sur les caractéristiques physiques et les ions principaux par bassin et segment de rivière (minimum, maximum, moyenne, variance)
	- Détermination des concentrations avec effet minimal pour divers contaminants dans divers milieux pour divers usages de l'eau	- Comparaison des données provenant de bioessais en laboratoire et de mesures sur le terrain et de la littérature en écotoxicologie
f) Conformité aux recommandations et objectifs de qualité de l'eau	- Localisation, importance et fréquence des dépassements	- Tableaux de contingence comparant le nombre de dépassements au nombre de mesures; graphiques (histogrammes des concentrations, courbe des valeurs en fonction du temps); identification des zones ou des périodes problématiques; calcul des quantiles, médianes, moyennes, minima et maxima des valeurs, et moyenne et variance des dépassements
g) Évaluation de l'efficacité de la mise en oeuvre d'une réglementation ou de la réalisation d'un projet (ex. barrage)	- Déterminer si la qualité de l'eau s'est améliorée depuis la mise en oeuvre de la réglementation ou du projet et évaluer l'importance du changement	- Comparaison des séries de données avant et après à l'aide de l'ANOVA, du test du t de Student sur les moyennes; courbes des concentrations des contaminants en fonction du temps; analyse d'intervention
h) Devenir des contaminants dans l'écosystème aquatique	- Déterminer dans quel milieu et sous quelle forme un contaminant donné tend à s'accumuler	- Comparaison des moyennes et de l'écart type des concentrations d'un contaminant mesuré dans divers milieux à une station donnée à un moment donné
i) Prédiction du comportement d'un contaminant; modèle de cheminement	- Identification et quantification des interrelations entre un contaminant donné et d'autres indices de qualité de l'environnement aquatique	- Calcul de la covariance ou de la corrélation entre les paramètres; quantification des interrelations par utilisation de modèles empiriques uni- ou multivariés (ex. régression); analyse factorielle pour identifier les groupes de paramètres montrant le même comportement, ou expliquant les variations observées
j) Optimisation d'un réseau en place	- Réduire le nombre de stations, le nombre de paramètres ou la fréquence d'échantillonnage	- Calcul des intervalles de confiance pour chaque paramètre; calcul des coefficients d'autocorrélation pour diverses fréquences d'échantillonnage; ANOVA par saison pour chaque paramètre; analyse de groupements; corrélations

Des techniques de base d'analyse statistique des données de concentrations des substances chimiques dans l'eau sont décrites dans Sanders et coll. (1983). Un examen des logiciels statistiques utilisés pour l'analyse des données biologiques ou chimiques a été fait par Gertz et coll. (1984). Récemment, deux logiciels spécialisés dans l'analyse de données chronologiques ont été développés pour la Direction générale des eaux intérieures (Cluis et coll., 1988; McLeod et Hipel, 1987; McCleod et coll., 1983). Un examen des méthodes statistiques connues pour l'analyse des effets des substances toxiques persistantes sur le biote et la conception de réseaux pour les mesurer a été fait par Esterby (1986) et Dickson et Cairns (1978).

L'interprétation des données fait suite à leur analyse statistique. Les évaluations portant sur la présence des contaminants sont surtout axées sur la mesure de tendances spatiales et temporelles, qui peuvent être illustrées à l'aide de graphiques et de cartes. Les évaluations portant sur les effets des contaminants sont plus difficiles à illustrer lorsqu'elles sont associées à divers usages de l'eau ou à des risques pour la santé. L'utilisation d'objectifs et de recommandations sur la qualité des eaux (CCMRE, 1987) facilite grandement l'interprétation des données en fournissant des repères environnementaux : les niveaux maxima de tolérance pour diverses substances dans l'eau. Cependant, les recommandations sur la qualité de l'eau ne peuvent à elles seules remplacer les mesures des effets prises sur le terrain, parce qu'elles ont été d'abord conçues comme des références à l'échelle nationale et ne s'appliquent pas toujours à des conditions locales. De plus, il faut préciser que les recommandations sur la qualité de l'eau devraient être utilisées à titre provisoire avant d'être confirmées par une évaluation des effets en vue de développer des objectifs locaux de qualité de l'eau.

3.10 Publication

À l'étape n° 10, la publication des résultats fait le lien entre les données scientifiques récoltées et l'information utilisée par les gestionnaires de l'environnement pour leur prise de décision, ou par le public pour savoir si certains usages de l'eau sont affectés. Cela amène le besoin de différents types de rapports à partir d'un même réseau de surveillance, selon le client. De plus, il faut préciser que la plupart des clients recherchent de l'information, et non seulement des données. Les questions typiques qui se posent sont : Est-ce que la qualité de l'eau s'améliore ou pas? Est-ce que les concentrations en contaminants s'accroissent ou décroissent? Y a-t-il un risque pour la santé? Est-ce que l'eau peut s'utiliser à telle ou telle fin?

3.11 Décision des gestionnaires

L'étape n° 11 commence par l'examen final de l'information produite par l'évaluation de la qualité du milieu aquatique pour déterminer si les buts fixés au départ ont été atteints. Une fois que la concentration, la distribution ou les effets des contaminants sont connus, on peut évaluer le risque qu'ils représentent pour la santé et faire des prédictions. Les

gestionnaires peuvent prendre des décisions pour le développement de nouvelles politiques environnementales, la mise en oeuvre ou le renforcement de réglementations ou d'objectifs de qualité de l'eau, ou le besoin d'études plus poussées. Dans une perspective de rétroaction, les données de surveillance peuvent être utilisées pour faire des prédictions sur l'évolution de l'environnement suivant diverses options de décision.

Si certains buts de la surveillance ne sont pas atteints, ou ne le sont pas de façon efficace, on doit alors chercher à optimiser le programme de surveillance, c'est-à-dire le replanifier de façon à ce que des données pertinentes et suffisantes soient collectées de la façon la moins coûteuse.

CONCLUSION

L'évaluation des questions relatives aux contaminants dans l'environnement aquatique est un mandat important de la Direction de la qualité des eaux. Un examen des activités de la DQE a démontré qu'il existe une tendance vers ce type d'évaluation mais que des contraintes limitent son utilisation. Une stratégie pour l'évaluation de la présence et des effets des contaminants dans l'environnement aquatique devient alors avantageuse pour les gestionnaires des ressources en eau puisqu'elle permet de mieux coordonner et d'optimiser les activités et d'identifier ce qui reste à faire.

La stratégie de surveillance comprend plusieurs composantes comme l'utilisation d'un modèle conceptuel de l'environnement aquatique, la détermination des questions de qualité de l'eau qu'il faut étudier, la définition des buts et des fondements de l'évaluation, l'examen des données historiques, le choix d'une méthode opérationnelle, la planification de l'échantillonnage, la mise en oeuvre et l'exploitation du réseau, la gestion des données et leur publication, et la prise de décision par les gestionnaires. Elles sont reliées par le cheminement de l'information déterminé par les buts du projet. Mais le processus ne prend pas fin au moment de la prise de décision des gestionnaires. L'évaluation de la qualité de l'environnement aquatique obéit à une approche par étape, c'est-à-dire que l'information qu'elle génère est utilisée en partie pour optimiser le processus d'évaluation lui-même et mettre l'accent sur les questions grandissantes une fois que celles-ci sont identifiées.

Le but de ce document n'était pas d'évaluer quelles sont les ressources nécessaires pour la mise en oeuvre de la stratégie. Il semble plutôt que la stratégie va permettre un meilleur usage des ressources actuelles. Sa mise en oeuvre va faciliter la coordination des activités de tous les groupes concernés, que ce soit à l'échelle locale, régionale ou nationale, avec les services des laboratoires (assurance de la qualité, analyse des composés organiques), de même qu'avec les chercheurs (recherche sur la bioaccumulation, les taux de dégradation).

REMERCIEMENTS

Les auteurs tiennent à remercier tous ceux qui ont participé aux discussions et à l'examen de ce document. Des remerciements s'adressent spécialement à G.D. Haffner qui a eu l'initiative de faire cette étude, à D. Campbell, D. Blachford, P. Seidl, et D. Bondy, de la section des ententes et du monitorage, pour leur participation à la première version du document, et aux scientifiques de la Direction de la qualité des eaux à l'administration centrale et dans les régions qui nous ont fait part de leurs commentaires. Leur collaboration a été grandement appréciée. Nous voulons aussi adresser nos remerciements à la Division des publications et de la correction-rédaction et à l'unité de traitement de texte de la Direction générale des eaux intérieures.

RÉFÉRENCES

Agemian, H. 1987. Quality Assurance in the National Water Quality Laboratory. Environnement Canada, Centre canadien des eaux intérieures, Burlington (Ontario), 98 p. (inédit).

APHA, AWWA, et WPCF. 1985. Standard methods for the examination of water and wastewater (16e éd.). American Public Health Association, American Water Works Association, and Water Pollution Control Federation, Washington, D.C., 1268 p.

Blaise, C., N. Bermingham, et R. Van Coillie. 1985. La méthode d'évaluation écotoxicologique intégrée : une contribution à la lutte contre l'écotoxicité. Bull. qualité eaux 10(1):4-11,58.

Chapman, P.M., G.P. Romberg, et G.A. Vigers. 1982. Design of monitoring studies for priority pollutants. Water Pollut. Control Fed. J. 54(3): 292-297.

Clair, T., G. Ennis, et M. Taylor. 1980. Report on the use of biological monitoring in the Water Quality Branch monitoring program. Direction de la qualité des eaux, Environnement Canada. 9 p. (inédit).

Cluis, D., C. Langlois, et R. Van Coillie. 1988. Development of a software package on trend detection in temporal series: application to water and industrial effluents quality data of the St. Lawrence River (Présenté au Workshop on Statistical Methods for the Assessment of Point-Source Pollution, CCEI, 19-21 sept. 1988).

Conseil canadien des ministres des ressources et de l'environnement. 1987. Recommandations sur la qualité de l'eau au Canada. Ottawa.

Conseil canadien des ministres des ressources et de l'environnement. 1985. Questions portant sur la qualité des eaux dans l'ensemble du Canada. Préparé par le Groupe de travail du CCMRE sur les lignes directrices relatives à la qualité des eaux. 25 p.

Désilets, L. 1988. Stratégie de la Direction de la qualité des eaux sur l'évaluation de la qualité de l'environnement aquatique. - Critères pour la sélection des bassins et la localisation des stations d'échantillonnage. Environnement Canada, Direction générale des eaux intérieures, Ottawa. Étude n° 164, série scientifique, 14 p.

Dickson, K.L., et J. Cairns Jr. (éd.), 1978. Biological Data in Water Pollution Assessment: Quantitative and Statistical Analyses. ASTM Special Technical Publication No. 652.

Dodge, D.P., G.A. Goodchild, J.C. Tilt, et D.G. Waldriff. 1981. Manual of instructions. Aquatic habitat inventory surveys. (3e éd.) Ministère des ressources naturelles de l'Ontario, Direction des pêches. Toronto (Ontario), 168 p.

Egar, D.L. 1978. Environment Canada's water quality monitoring program adapts to new demands. pp. 358-362, Dans L.G. Everett et K.D. Schmidt, 1978. Establishment of water quality monitoring programs. American Water Resources Association.

Environmental Protection Agency. 1982. Handbook for sampling and sample preservation of water and waste water. USEPA, Environmental Monitoring and Support Laboratory, Cincinnati, Ohio. EPA-600/4-82-029. 402 p.

Environnement Canada. 1986. Manuel des méthodes analytiques. Direction générale des eaux intérieures, Ottawa.

Environnement Canada. 1985a. Activités de la Direction de la qualité des eaux. Direction générale des eaux intérieures, Ottawa. 30 p.

Environnement Canada. 1985b. Activités de la Direction de la qualité des eaux. Direction générale des eaux intérieures, Ottawa. 30 p.

Environnement Canada. 1983. L'échantillonnage pour la qualité de l'eau. Direction générale des eaux intérieures, Ottawa. 67 p.

Environnement Canada. 1983a. La réunion nationale de consultation du public. Environnement à la une, dossier juillet 1983. pp. 8, 10, 14.

Environnement Canada. 1983b. Annuaire de l'eau du Canada, 1981-1982. L'eau et l'économie. Direction générale des eaux intérieures, Ottawa. 105 p.

Environnement Canada. 1983c. Plan stratégique 1984-1989. Ottawa. 27 p.

Esterby, S.R. 1986. Statistical Methods for Studying Biotic Responses to Persistent Toxic Substances. Institut national de recherche sur les eaux, Division de l'écologie aquatique, Burlington (Ontario). Publication n° 75-106 de l'INRE. 34 p.

Gaskin, J., et E. Watt. 1987. Quality assurance guidelines and principles for water quality sampling. Environnement Canada, Direction générale des eaux intérieures, Direction de la qualité des eaux, Ottawa. 87 p. (inédit).

General Accounting Office. 1981. Better monitoring techniques are needed to assess the quality of rivers and streams. (Vol. I and II). Government of the United States, Report to the Congress by the Comptroller General. Publ. CED-81-30.

Gertz, S.M., et M.D. London (éd.). 1984. Statistics in the environmental sciences. American Society for Testing and Materials, Philadelphie. ASTM-STP-845. 122 p.

Gouvernement du Canada. 1988. Loi visant la protection de l'environnement de la vie humaine et de la santé (LCPE). L.C. 1988, C.22. Imprimeur de la Reine, Ottawa. 96 p.

Haffner, G.D. 1986. Stratégie de la Direction de la qualité des eaux pour l'évaluation de la qualité de l'environnement aquatique. Environnement Canada, Direction générale des eaux intérieures, Ottawa. Étude n° 151, série scientifique, 18 p.

Hakanson, L. 1984. Aquatic contamination and ecological risk. An attempt to a conceptual framework. Water Res. 18(9): 1107-1118.

Hellawell, J.M. 1978. Biological surveillance of rivers. A biological monitoring handbook. Water Research Centre, Stevenage Laboratory, Herts, Angleterre. 332 p.

Howell, G., L. Wong, J. Fenton, et R. Bingham. 1985. NABIODAT, the Biological Data Management System. Environnement Canada, Direction générale des eaux intérieures, Région de l'Atlantique, Moncton (N.-B.). 60 p.

Likens, G.E., et F.H. Bormann. 1974. Linkages between terrestrial and aquatic ecosystems. Bioscience 24(8): 447-456.

Lind, O.T. 1979. Handbook of common methods in limnology (2e éd.). C.V. Mosby Company, Toronto. 199 p.

McLeod, A.I., et K.W. Hipel. 1987. Exploratory data analyses of hydrological time series. Environnement Canada, Direction générale des eaux intérieures. 61 p. (inédit).

McLeod, A.I., K.W. Hipel, et F. Comancho. 1983. Trend assessment of water quality time series. Water Resour. Bull. 19(4): 537-548.

O'Sullivan, P.E. 1979. The ecosystem - watershed concept in environmental sciences - A review. Int. J. Environ. Stud. (13): 273-281.

Pearse, P.H., F. Bertrand, et J.W. MacLaren. 1985. Vers un renouveau. Rapport définitif de l'Enquête sur la politique fédérale relative aux eaux. Environnement Canada. 259 p.

Pêches et Environnement Canada. 1978. Aquatic environment quality. The role of the Department of Fisheries and the Environment. Environmental Management. Aquatic Environmental Quality Task Force. 170 p. (inédit).

Pêches et Environnement. 1977. A conceptual framework for monitoring the quality of the aquatic environment. Direction générale des eaux intérieures. 14 p. (inédit).

Sanders, T.G., R.C. Ward, J.C. Loftis, T.D. Steele, D.D. Adrian, et V. Yevjevish. 1983. Design of networks for monitoring water quality. Water Resources Publications, Littleton, Colorado. 328 p.

Sergy, G.A. 1987. Recommendations on aquatic biological tests and procedures for environmental protection. Environnement Canada, Conservation et Protection, Edmonton. Rapport préparé pour le comité des gestionnaires des laboratoires. 101 p. (inédit)

Shindler, D.B. 1981. Le rôle de la biologie dans le programme de surveillance administré par la Direction de la qualité des eaux. Environnement Canada, Direction générale des eaux intérieures, Direction de la qualité des eaux, Ottawa. 8 p.

Thomas, J.F.J. 1953. Scope, procedure and interpretation of survey studies. Canada Department of Mines and Technical surveys, Mines Branch, Industrial Minerals Division, Industrial Waters Section, Ottawa. Water Survey Report No. 1. 69 p.

Ward, R.C. 1978. Regulatory water quality monitoring. A Systems perspective. U.S. Environmental Protection Agency, Office Research and Development, Environmental Monitoring and Support Laboratory, Las Vegas, Nevada. 23 p.

Whitlow, S., et M. Lamb. 1983. NAQUADAT - Guide de recherche interactive. Environnement Canada, Direction générale des eaux intérieures, Ottawa. 67 p.